

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-166333

(43) 公開日 平成8年(1996)6月25日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 1 N 3/32

E

3/34

C

H 0 1 B 13/00

C 7244-5L

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平7-23100

(22) 出願日 平成7年(1995)2月10日

(31) 優先権主張番号 特願平6-245664

(32) 優先日 平6(1994)10月11日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 杉山 博康

大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号

住友電気工業株式会社大阪製作所内

(72) 発明者 福田 豊

大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号

住友電気工業株式会社大阪製作所内

(72) 発明者 黒見 恵子

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

住友電気工業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 河野 登夫

最終頁に続く

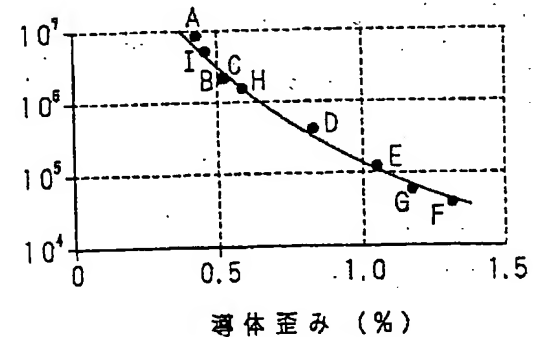
(54) 【発明の名称】 複合体の耐屈曲寿命予測方法及び複合体の耐屈曲性評価方法

(57) 【要約】

【目的】 導体を絶縁体で被覆した電線、フラットケーブル等の複合体の耐屈曲寿命を容易に予測すると共に、複数種の複合体の耐屈曲性の相対評価を得る。

【構成】 耐屈曲性評価試験装置に装着した複合体の導体部の最大歪み量と耐屈曲寿命との関係（または屈曲形状の理想半円からのずれ量と耐屈曲寿命との関係）を示すマスターグラフを予め作成しておき、耐屈曲性評価試験装置に装着した予測対象の複合体の導体部の最大歪み量（または屈曲形状の理想半円からのずれ量）を求め、求めた最大歪み量（または屈曲形状の理想半円からのずれ量）を作成しておいたマスターグラフに照合してこの複合体の耐屈曲寿命を予測する。また、複数種の複合体を耐屈曲性評価試験装置にそれぞれ装着した際の導体部の最大歪み量（または屈曲形状の理想半円からのずれ量）を比較することにより、これらの複合体の耐屈曲性を相対的に評価する。

(回) 但数組図



IDS

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 導体部を絶縁部で被覆してなる複合体について、耐屈曲性評価試験装置を用いて、その導体部の抵抗値が所定値に到達したときの屈曲回数で定義される耐屈曲寿命を予測する方法において、複合体を耐屈曲性評価試験装置に装着した際の導体部の最大歪み量及び／または屈曲形状の理想半円からのずれ量と実測した耐屈曲寿命との関係を予め求めておき、耐屈曲性評価試験装置に予測対象の複合体を装着した際の導体部の最大歪み量及び／または屈曲形状の理想半円からのずれ量を求めておいた関係に照合して複合体の耐屈曲寿命を予測することを特徴とする複合体の耐屈曲寿命予測方法。

【請求項 2】 導体部を絶縁部で被覆してなる複合体について、耐屈曲性評価試験装置を用いて、その耐屈曲性を評価する方法において、複数の複合体を耐屈曲性評価試験装置にそれぞれ装着した際の導体部の最大歪み量及び／または屈曲形状の理想半円からのずれ量に基づいて、これらの複数の複合体の耐屈曲性を相対的に評価することを特徴とする複合体の耐屈曲性評価方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、導体を絶縁体で被覆した構成をなす複合体の耐屈曲寿命を予測する方法、及び、このような複合体の耐屈曲性を評価する方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】電線、フラットケーブル、FPC (Flexible Printed Circuit: フレキシブルプリント配線板) 等のような、導体を絶縁材料にて被覆してなる複合体の耐屈曲性を評価する方法として、従来から以下に示すような方法が広く行われている。図10はこのような従来の評価試験方法の実施状態を示す図である。

【0003】図10(a)は、一方の側にのみよく曲げるような用途の複合体に対する撓動屈曲評価試験の実施状態を示しており、試料となる複合体1を、距離2Rを隔てて対向配置した2枚の平行板2a、2bの間に、折り曲げて挟み込み、一方の平行板2aは固定し他方の平行板2bは撓動させながら、複合体1の外側、内側を一定にして、繰り返し屈曲させる。この試験方法では、複合体1が半円状に屈曲していると仮定し、面間隔2Rを直径として2枚の平行板2a、2bに接する半円を理想半円と定義し、その理想半円の半径Rを屈曲半径という。

【0004】一方、図10(b)は、両側にわたって曲げるような用途の複合体に対するMIT屈曲評価試験の実施状態を示しており、試料となる複合体1を、所定の曲率半径Rを有する2個の治具3a、3bの周面に交互に巻き付ける事によって、複合体1の外側、内側を反転させながら繰り返し屈曲させる。この図10(b)に示す場合にも、球面体3a、3bの周面に沿った屈曲半径Rの理想半円が定義される。

【0005】以上のようにして、評価対象の複合体を何回も繰り返して屈曲させ、その導体部の抵抗値が所定値(例えば、初期値の120%)に増加するまでの屈曲回数を測定し、その測定回数に応じて各複合体の耐屈曲性を評価している。また、導体部の抵抗値が所定値に到達したときの屈曲回数を、耐屈曲寿命と定義する。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来の複合体の評価方法では、試料としての複合体を試験装置に取り付ける際には、図11(a)に示すように、平行板2a、2bに対して試料たる複合体1を垂直にする必要がある。しかし、常に図11(a)に示すような状態で取り付けることは困難であり、図11(b)に示すようにずれた状態で取り付けられることがある。また、試料としての複合体を作製する際に、設定値の寸法上の差異も生じる。従って、得られた耐屈曲性の評価結果に誤差、バラツキが発生するので、信頼性が高い評価結果を得るためには、条件(導体部、絶縁部の材料及び厚さ並びに評価時の屈曲半径)を同一にした試料を複数回にわたって試験しなければならなかった。

【0007】また、上記条件を変更する毎に、その試料の作製、試験を行わなければならない、評価結果を得るために多大な労力と時間とを必要とするという問題があった。

【0008】本発明は斯かる事情に鑑みてなされたものであり、導体を絶縁体で被覆した構成をなす複合体の耐屈曲寿命を極めて容易にしかも正確に予測できる複合体の耐屈曲寿命予測方法を提供することを目的とする。

【0009】また、本発明の他の目的は、上述のような誤差、バラツキがない正確な複合体の耐屈曲性の評価結果を得ることができる複合体の耐屈曲性評価方法を提供することにある。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】以下、本発明の考案に到った経緯について簡単に説明する。複合体を構成する材料及びその構造により複合体の耐屈曲寿命が変化するのは、耐屈曲性を決定づける何らかの要因が存在するためであり、それを知ることができれば、耐屈曲寿命の容易な予測が可能であると本発明者等は考えた。耐屈曲性評価試験装置に試料(複合体)を装着した際に導体部の歪み量が大いことは、その部分に発生する応力が大いことと同義である。ここで、導体単独にて耐屈曲性評価試験を施した場合に、図12に示すように、導体に加える引張り応力が大きくなる程、耐屈曲寿命は低下する。よって、複合体においても導体部に発生する最大歪み量が大きくなる程、その部分に加わる応力が大きくなって耐屈曲寿命は低下すると考えられる。従って、耐屈曲性評価試験装置に試料(複合体)を装着した際に導体部に発生する最大歪み量が耐屈曲寿命を決定する要因であるという知見を得るに到った。

【0011】これまでの耐屈曲性評価試験装置により複合体の耐屈曲性を評価する場合、屈曲半径が一定であるときを捉えて、複合体の被覆部である絶縁体の厚さが同じであれば、図10(a), (b)に示すように、屈曲時の導体部の最大歪み量は一定であると考えられてきた。しかしながら、導体部の最大歪み量が耐屈曲寿命を決定する要因であるという知見に基づいて、実際は理想的な屈曲半径を常に維持して屈曲されているのではないことを、本発明者等は明らかにした。図13はこの状態を示す図であり、図13(a), 図13(b)はそれぞれ図10

(a), 図10(b)に対応している。図13(a), (b)の破線に示す如く同じ屈曲半径の理想半円で屈曲していると考えられていた場合でも、実際には図13(a), (b)の太実線に示すように、複合体1の屈曲状態が異なっており、必ずしも設定条件通りには屈曲していない。

【0012】また、試料としての複合体1を耐屈曲性評価試験装置に装着した際に、図13(a), (b)の太実線に示す複合体1の屈曲形状が、図13(a), (b)の破線に示す理想半円からどの程度ずれているかも、耐屈曲寿命を予測する指標となり得る。複合体1の屈曲形状が理想半円から大きくずれておれば導体に局所的に大きな応力が加わるため、一般的に耐屈曲寿命は短く、あまりずれていなければ一般的に耐屈曲寿命は長いと言える。

【0013】従って、予め異なる条件(導体部、絶縁部の材料及び厚さ並びに屈曲半径)の複数の試料(複合体)について、それぞれを耐屈曲性評価試験装置に装着した際の導体部の最大歪み量または屈曲形状の理想半円からのずれ量と耐屈曲寿命とを求めて得られた関係を示す、図14に示すようなマスターカーブを予め作成しておけば、他の条件の試料(複合体)について、その試料を耐屈曲性評価試験装置に装着した場合の導体部の最大歪み量または屈曲形状の理想半円からのずれ量を求めることにより、このマスターカーブを参照してその試料の耐屈曲寿命を予測することができる。

【0014】本願の請求項1に係る複合体の耐屈曲寿命予測方法は、導体部を絶縁部で被覆してなる複合体について、耐屈曲性評価試験装置を用いて、その導体部の抵抗値が所定値に到達したときの屈曲回数で定義される耐屈曲寿命を予測する方法において、複合体を耐屈曲性評価試験装置に装着した際の導体部の最大歪み量及び/または屈曲形状の理想半円からのずれ量と実測した耐屈曲寿命との関係を予め求めておき、耐屈曲性評価試験装置に予測対象の複合体を装着した際の導体部の最大歪み量及び/または屈曲形状の理想半円からのずれ量を求めておいた関係に照合して複合体の耐屈曲寿命を予測することを特徴とする。

【0015】本願の請求項2に係る複合体の耐屈曲性評価方法は、導体部を絶縁部で被覆してなる複合体につ

て、耐屈曲性評価試験装置を用いて、その耐屈曲性を評価する方法において、複数の複合体を耐屈曲性評価試験装置にそれぞれ装着した際の導体部の最大歪み量及び/または屈曲形状の理想半円からのずれ量に基づいて、これらの複数の複合体の耐屈曲性を相対的に評価することを特徴とする。

【0016】

【作用】請求項1の発明では、耐屈曲性評価試験装置に装着した場合の導体部の最大歪み量及び/または屈曲形状の理想半円からのずれ量と耐屈曲寿命実験結果との関係を示すマスターカーブを予め作成しておき、寿命予測対象の複合体を耐屈曲性評価試験装置に装着した際の導体部の最大歪み量及び/または屈曲形状の理想半円からのずれ量を求め、求めた最大歪み量及び/または屈曲形状の理想半円からのずれ量を作成しておいたこのマスターカーブに照らし合わせて、その複合体の耐屈曲寿命を予測する。よって、極めて容易に複合体の耐屈曲寿命を予測できる。

【0017】請求項2の発明では、前述したように耐屈曲性評価試験装置に複合体を装着した際の導体部の最大歪み量及び屈曲形状の理想半円からのずれ量が耐屈曲寿命を決定する要因であるので、上述したようなマスターカーブが予め作成されていない場合でも、異なる条件のそれぞれの複合体を耐屈曲性評価試験装置に装着した際の導体部の最大歪み量及び/または屈曲形状の理想半円からのずれ量を求めて比較することにより、異なる条件の複数の複合体の耐屈曲性を相対的に比較評価することが可能である。

【0018】

【実施例】以下、本発明の実施例について説明する。

【0019】以下に述べる実施例では、複合体として、図1に示すような、導体11を接着剤12を介して絶縁フィルム13にて被覆したフラットケーブル10を使用する。導体11、絶縁フィルム13はそれぞれ軟銅、ポリエステルフィルムからなり、接着剤12としてポリエステル系接着剤を使用する。また、耐屈曲性評価試験装置としては、図10(a)に示すようなU字摺動屈曲試験装置を用いる。

【0020】まず、導体11、接着剤12、絶縁フィルム13の厚さが異なる複数種のフラットケーブル10を試料として作製し、評価試験時の屈曲半径Rを変化させて、これらを耐屈曲性評価試験装置に装着した場合の導体11の最大歪み量を求める。なお、このようなフラットケーブル10にあっては、導体11の屈曲形状を直接に捉えることはできないので、コンピュータを使用して有限要素法により屈曲時の導体11の最大歪み量を算出する。

【0021】また、作製した複数種のフラットケーブル10を試料として、評価試験時の屈曲半径Rを変化させて、耐屈曲性評価試験装置に装着した場合の屈曲形状の理想半円からのずれ量を求める。この場合のずれ量については、以下の3種の長さ(曲率半径、第1距離、第2

距離)の何れかを測定することにより評価する。図2は、ずれ量の1つの指標となる曲率半径 $r$ の定義を示す模式図である。複合体としてのフラットケーブル10を2枚の平行板2a、2bに挟んで屈曲させた場合に、フラットケーブル10の導体11の屈曲部頂点近傍の内側に接することができる最大円(破線で示す)の半径を曲率半径 $r$ と定義する。また、図3は、ずれ量の他の指標となる第1距離 $d_1$ の定義を示す模式図である。複合体としてのフラットケーブル10を2枚の平行板2a、2bに挟んで屈曲させた場合に、半径 $R$ の理想半円(破線で示す)に屈曲させたときにフラットケーブル10が平行板2a、2bから離れ始める位置からフラットケーブル10の実際の位置までの距離を第1距離 $d_1$ と定義する。更に、図4は、ずれ量の更に他の指標となる第2距離 $d_2$ の定義を示す模式図である。複合体としてのフラットケーブル10を2枚の平行板2a、2bに挟んで屈曲させた場合に、フラットケーブル10が平行板2a、2bから離れ始める位置を半径 $R$ の理想半円(破線で示す)と一致させた際のフラットケーブル10の屈曲部の頂点と理想半円との距離を第2距離 $d_2$ と定義する。屈曲時のフラットケーブル10が理想半円に近づく程、曲率半径 $r$ は大きくなって理想半円の半径 $R$ に近づき、第1距離 $d_1$ 及び第2距離 $d_2$ は小さくなって0に近づく。

【0022】上述した3種のずれ量は、屈曲時の導体11の最大歪み量と同様に、有限要素法による計算によって算出可能である。また、図5に示すような観察用治具20を使用すれば、顕微鏡観察にてこれらの3種のずれ量は測定可能である。観察用治具20は、「コ」の字状をなす板材からなり、対向する平行部20a、20b間の内りには屈曲半径の2倍(2R)である。また、対向する各平行部20a、20bには残りの辺部20cからRの距離の位置に目印21、21が付けられている。また、辺部20cの中央(各平行部20a、20bからそれぞれRの距離の位置)にも目印21が付けられている。このような観察用治具20にフラットケーブル10を装着して屈曲させることにより、目印21からのずれ等を顕微鏡で観察して3種のずれ量を測定できる。但し、曲率半径 $r$ については、フラットケーブル10の接着剤12及び絶縁フィルム13が透明性を有する場合、または、フラットケーブル10の下側に光源を設けて導体

11が影となって観察できる場合に限ってのみ、顕微鏡観察が可能である。

【0023】なお、本実施例では、導体11の最大歪み量及び屈曲形状の理想半円からのずれ量(上述の3種のずれ量)は何れも、コンピュータによる計算結果により求めた。試料の構造、構成材料の物理定数、屈曲条件(屈曲半径、試験温度等)に基づいて、コンピュータにて最大歪み量及び理想半円からのずれ量(曲率半径、第1距離、第2距離)の算出は可能である。また、これらと同じ条件下での各試料の耐屈曲寿命を実験的に求める。この際、耐屈曲寿命とは、前述したように、導体11の抵抗値が初期値の120%に達するまでの屈曲回数を表すこととする。

【0024】このようにして求めた導体11の最大歪み量及び屈曲形状の理想半円からのずれ量と耐屈曲寿命との関係を示すマスターカーブを作成する。図6～図9は、これらの作成したマスターカーブを表している。図6は、最大歪み量と耐屈曲寿命との関係を示すマスターカーブであり、横軸は最大歪み量を歪み率(%)で示し、縦軸は耐屈曲寿命を対数軸(回)にて示す。また、図7は、上述した定義による導体11の曲率半径 $r$ と耐屈曲寿命との関係を示すマスターカーブであり、横軸は曲率半径 $r$ (mm)を示し、縦軸は耐屈曲寿命を対数軸(回)にて示す。また、図8は、上述した定義による第1距離 $d_1$ と耐屈曲寿命との関係を示すマスターカーブであり、横軸は第1距離 $d_1$ (mm)を示し、縦軸は耐屈曲寿命を対数軸(回)にて示す。更に、図9は、上述した定義による第2距離 $d_2$ と耐屈曲寿命との関係を示すマスターカーブであり、横軸は第2距離 $d_2$ (mm)を示し、縦軸は耐屈曲寿命を対数軸(回)にて示す。なお、図6～図9の各A～I点における試料の構造及び試験条件は、下記第1表に示す通りである。なお、第1距離 $d_1$ 、第2距離 $d_2$ に基づく耐屈曲寿命の予測は、試験時の屈曲半径 $R$ が等しい場合にのみ行えるので、第1距離 $d_1$ 、第2距離 $d_2$ については、屈曲半径 $R$ を等しくした場合についてのデータのみからマスターカーブを作成している(図8、図9参照)。

【0025】

【表1】

第 1 表

	導体11厚み ( $\mu\text{m}$ )	フィルム13厚 み ( $\mu\text{m}$ )	接着剤12厚 み ( $\mu\text{m}$ )	屈曲半径R (mm)	試験温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )
A	70	25	30	10.0	25
B	70	25	30	7.5	25
C	70	25	30	7.5	85
D	70	25	30	5.0	25
E	80	25	30	5.0	25
F	100	25	30	5.0	25
G	100	50	30	5.0	25
H	50	25	30	5.0	25
I	35	25	30	5.0	25

【0026】そして、この作成した図6、図7、図8または図9に示すマスターカーブを参照して、他の条件のフラットケーブル10の耐屈曲寿命を予測する。即ち、予測したいフラットケーブル10を耐屈曲性評価試験装置に装着した場合の導体11の最大歪み量、曲率半径  $r$ 、第1距離  $d_1$  または第2距離  $d_2$  の何れかをコンピュータにて算出し、算出した最大歪み量、曲率半径、第1距離または第2距離を図6、図7、図8または図9に示すマスターカーブに照らし合わせて、そのフラットケーブル10の耐屈曲寿命を予測する。このようなマスターカーブを備えておくと、耐屈曲性評価試験装置に装着した際の導体11の最大歪み量、曲率半径、第1距離または第2距離を求めるだけで、フラットケーブル10の耐屈曲寿命の予測を容易に行える。

【0027】また、有限要素法により算出した屈曲時の導体11の最大歪み量、曲率半径、第1距離または第2距離の何れかにて耐屈曲寿命を評価する場合は、従来例では避けられなかった誤差、バラツキをなくすことが可能となり、耐屈曲寿命の向上に有効な条件をより正確に探索できる。つまり、本実施例による複合体の耐屈曲寿命予測方法から得られる評価結果は、実験的に行う従来の評価方法と比較して信頼性の点で優れている。

【0028】ところで、耐屈曲寿命の実験結果がなくても、導体11の最大歪み量が小さい程、または、屈曲形状の理想半円からのずれ量が小さい程（曲率半径  $r$  が大きい程、第1距離  $d_1$ 、第2距離  $d_2$  が小さい程）、優れた耐屈曲性を有するフラットケーブル10であることは確認できる。よって、上述したようなマスターカーブを準備していない場合にあっても、異なる条件のフラットケーブル10における屈曲時の導体11の最大歪み量、または、屈曲形状の理想半円からのずれ量を求めて比較することにより、耐屈曲性の相対的な比較を行える。そして、このことは、耐屈曲性の向上に有利な条件の探究に

利用できる。

【0029】なお、上述の実施例では、軟銅からなる導体と、ポリエステルフィルムからなる絶縁体と、ポリエステル系材料からなる接着剤とから構成したフラットケーブルを複合体として使用し、U字摺動屈曲試験装置を耐屈曲性評価試験装置として用い、屈曲形状の理想半円からのずれ量をすべてコンピュータを用いて求めた場合について説明したが、これらは単なる例示であり、本発明において、複合体の構造、構成材料、耐屈曲性評価試験装置、理想半円からのずれ量の求め方などが上述した実施例に限定されるものでないことは言うまでもない。

【0030】また、上述の実施例では、導体部の最大歪み量、または、屈曲形状の理想半円からのずれ量の何れかに基づいて、耐屈曲寿命の予測、耐屈曲性の相対的比較を行う場合について説明したが、導体部の最大歪み量及び屈曲形状の理想半円からのずれ量の両方を鑑みて、耐屈曲寿命の予測、耐屈曲性の相対的比較を行うようにしても良いことは勿論である。

【0031】

【発明の効果】以上のように、請求項1の発明では、耐屈曲性評価試験装置に装着した際の複合体の導体部の最大歪み量及び／または屈曲形状の理想半円からのずれ量を求めることにより、極めて容易にその複合体の耐屈曲寿命を予測することが可能である。よって、多数種の複合体について耐屈曲寿命を求める場合に従来例ではその試料作製・屈曲試験に必要とした多大な労力と時間とを削減でき、耐屈曲寿命の向上に好適な条件の探索の効率化、及び、新製品開発の迅速化を図ることも可能となる。また、信頼性の点で優れた評価方法であるので、複合体の信頼性を裏付ける指標としても利用できる。

【0032】また、請求項2の発明では、耐屈曲性評価試験装置に装着した際の複合体の導体部の最大歪み量及び／または屈曲形状の理想半円からのずれ量を比較し合

うことにより、異なる種類の複合体の耐屈曲性を相対的に評価できるので、優れた耐屈曲性を有する複合体の開発の促進に大いに寄与できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施例に用いた複合体（フラットケーブル）の構成図である。

【図 2】本発明の実施例における屈曲形状の理想半円からのずれ量（曲率半径  $r$ ）の定義を説明するための模式図である。

【図 3】本発明の実施例における屈曲形状の理想半円からのずれ量（第 1 距離  $d_1$ ）の定義を説明するための模式図である。

【図 4】本発明の実施例における屈曲形状の理想半円からのずれ量（第 2 距離  $d_2$ ）の定義を説明するための模式図である。

【図 5】本発明の実施例において屈曲形状の理想半円からのずれ量を観察により求める際に使用する観察用治具の斜視図である。

【図 6】本発明の実施例における導体部の最大歪み量と耐屈曲寿命との関係を示すマスターカーブを表すグラフである。

【図 7】本発明の実施例における曲率半径  $r$  と耐屈曲寿

命との関係を示すマスターカーブを表すグラフである。

【図 8】本発明の実施例における第 1 距離  $d_1$  と耐屈曲寿命との関係を示すマスターカーブを表すグラフである。

【図 9】本発明の実施例における第 2 距離  $d_2$  と耐屈曲寿命との関係を示すマスターカーブを表すグラフである。

【図 10】従来の耐屈曲性評価試験の実施状態を示す模式図である。

【図 11】従来例の問題点を説明するための図である。

【図 12】導体単独の場合の引張り応力と破断までの屈曲回数との関係を示すグラフである。

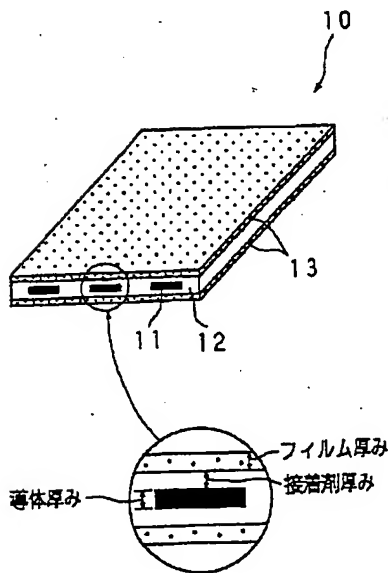
【図 13】耐屈曲性評価試験装置に装着した複合体の屈曲形状を示す模式図である。

【図 14】本発明の概念を説明するためのマスターカーブを表すグラフである。

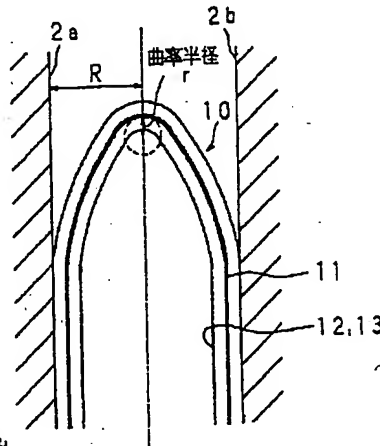
【符号の説明】

- 10 フラットケーブル（複合体）
- 11 導体（軟銅）
- 12 接着剤（ポリエステル系接着剤）
- 13 絶縁フィルム（ポリエステルフィルム）
- 20 観察用治具

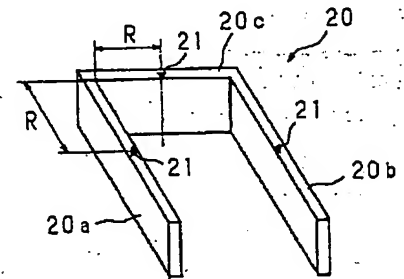
【図 1】



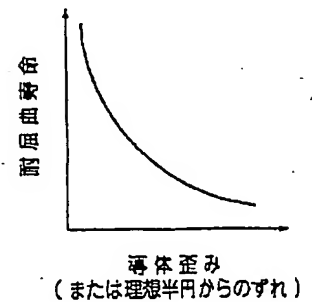
【図 2】



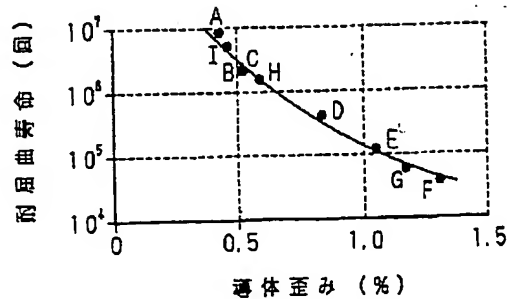
【図 5】



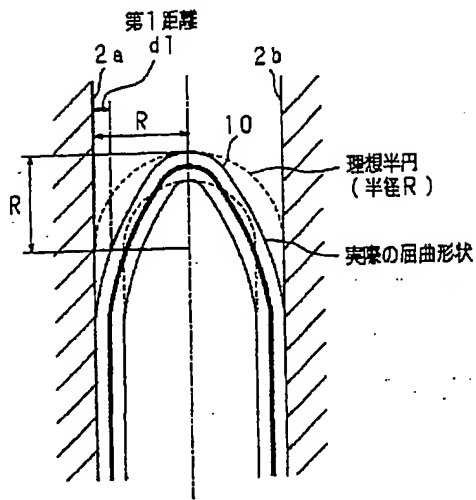
【図 14】



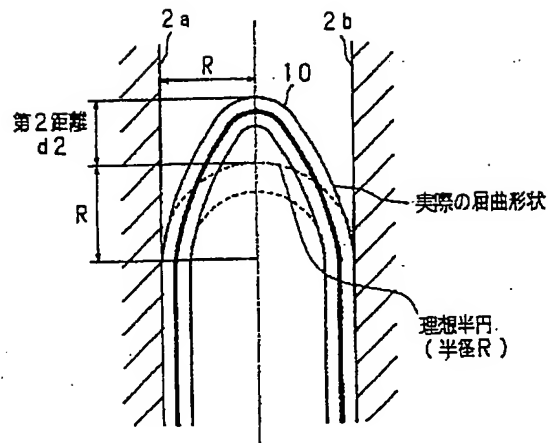
【図 6】



【図3】

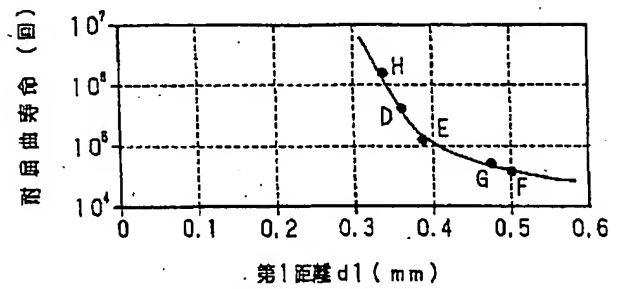
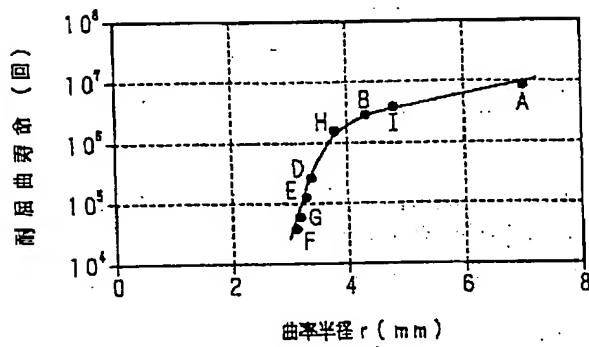


【図4】



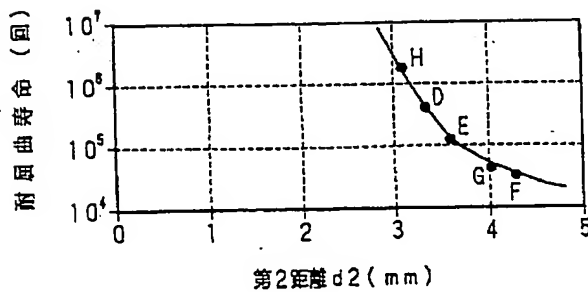
【図8】

【図7】

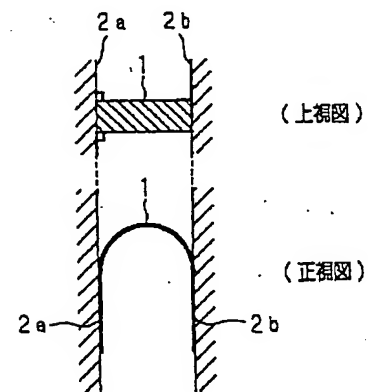


【図11】

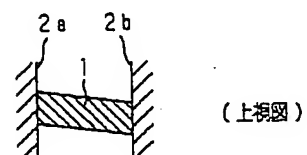
【図9】



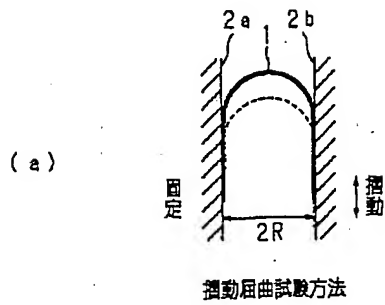
(a)



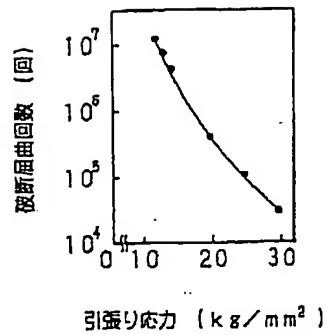
(b)



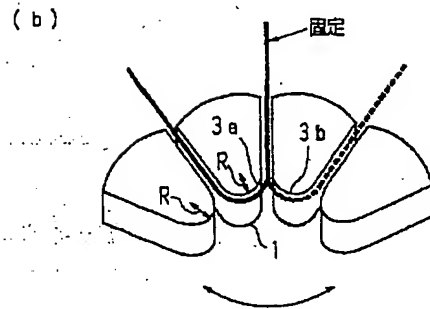
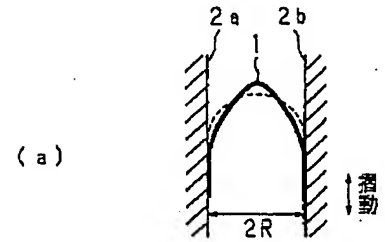
【図10】



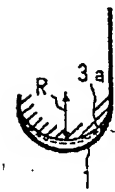
【図12】



【図13】



(b)



MIT(Massachusetts  
Institute of  
Technology) 屈曲試験方法

フロントページの続き

(72)発明者 二階堂 智史  
大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号  
住友電気工業株式会社内